

**Apparatus for magnetron sputtering comprising targets surrounded by a plasma electrode open to the substrate and peripheral to its sputtering surface**

Patent Number: DE19947935  
Publication date: 2001-03-29  
Inventor(s): GOTTFRIED CHRISTIAN (DE); FRACH PETER (DE); GOEDICKE KLAUS (DE); HOLFELD ANDREAS (DE)  
Applicant(s): FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
Requested Patent: DE19947935  
Application Number: DE19991047935 19990928  
Priority Number (s): DE19991047935 19990928  
IPC Classification: C23C14/35  
EC Classification: C23C14/35D, H01J37/34M2A  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

Apparatus for magnetron sputtering comprises targets (1,2) surrounded by a plasma electrode (9,10) open to the substrate (27) and peripheral to its sputtering surface. A selective potential can be applied to the electrode. A number of gas outlet openings (13) are provided between the targets and the electrode or directly on the electrode, the openings being connected to a gas feed device (21). Preferred Features: At least one part of the plasma electrode protrudes over the sputtering surface of the targets in the direction towards the substrate by an amount that corresponds to a quarter of the distance between the targets and the substrate.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: MMH-12712  
SERIAL NO: \_\_\_\_\_  
APPLICANT: Winfried Sabisch et al.  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 47 935 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**C 23 C 14/35**

②1 Aktenzeichen: 199 47 935.6  
②2 Anmeldetag: 28. 9. 1999  
④3 Offenlegungstag: 29. 3. 2001

DE 199 47 935 A 1

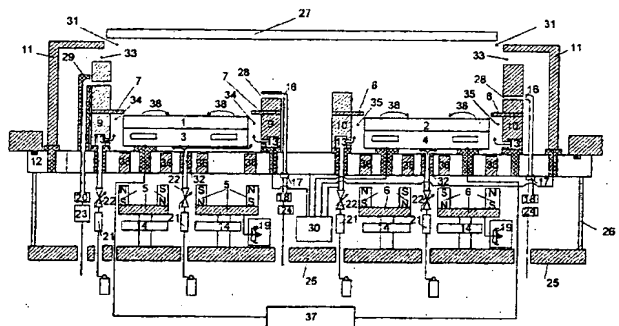
⑦1 Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Patentanwälte Pätzelt - Seltmann - Hofmann, 01067  
Dresden

⑦2 Erfinder:  
Frach, Peter, Dr.rer.nat., 01454 Radeberg, DE;  
Goedicke, Klaus, Dipl.-Phys., 01307 Dresden, DE;  
Holfeld, Andreas, Dr.-Ing., 01324 Dresden, DE;  
Gottfried, Christian, Dipl.-Phys., 01219 Dresden, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Einrichtung zum Magnetronzerstäuben

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Magnetronzerstäuben, die im Wesentlichen auf einem Vakuumflansch angeordnet ist, der in der Kammerwand einer Vakuumkammer befestigt werden kann. Die Einrichtung besteht innerhalb der Vakuumkammer aus mindestens zwei Targets und außerhalb der Vakuumkammer zugehörig zu jedem Target aus je einem Magnetsystem und einer gemeinsamen Stromversorgungseinrichtung. Jedes Target (1, 2) ist peripher zu seiner Zerstäubungsoberfläche von einer zum Substrat (27) hin offenen Plasmaelektrode (9, 10) umgeben, die auf ein wahlfreies Potential gelegt werden kann. Im Bereich zwischen dem Target (1, 2) und der Plasmaelektrode (9, 10) oder direkt an der Plasmaelektrode (9, 10) sind Gasauslassöffnungen (13) vorhanden, die mit mindestens einer Gaszuführungseinrichtung (21) verbunden sind.



DE 199 47 935 A 1

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Magnetronzerstäuben nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Dabei sind mindestens zwei Magnetron-Targets auf einem Vakuumflansch angeordnet, der in die Kammerwand einer Vakuumkammer eingebaut werden kann.

Solche Einrichtungen zum Magnetronzerstäuben werden in breitem Umfang zur Abscheidung dünner Schichten, vor allem aus elektrisch nichtleitenden chemischen Verbindungen, auf Substraten eingesetzt, um mechanische, optische oder dielektrische Eigenschaften zu erzeugen oder zu verbessern.

Eine Zerstäubungseinrichtung der vorerwähnten Bauart auf einem Vakuumflansch ist in der DE 41 27 260 C1 beschrieben. Die Anode befindet sich auf Masse-Potential oder ist elektrisch isoliert und ringförmig in Höhe des Targets angeordnet.

Eine solche Einrichtung ist insbesondere zum reaktiven Zerstäuben für die Abscheidung isolierender Verbindungsschichten nur sehr eingeschränkt einsetzbar, da die Anode nach kurzer Betriebszeit mit isolierenden Schichten bedeckt ist und ihre Funktion verliert. In dem Maße, wie bei geerdeter Anode andere Teile der Vakuumkammer die Funktion der Anode übernehmen müssen, verändern sich wichtige Betriebsparameter der Magnetron-Zerstäubungseinrichtung wie Impedanz, Plasmaausdehnung und Beschichtungsrate, so dass die Qualität der abgeschiedenen Schichten starken Schwankungen unterworfen ist. Im Falle der Isolation der Anode vom Massepotential verliert die Einrichtung beim genannten Einsatzfall bereits nach kurzer Betriebszeit vollständig ihre Funktionsfähigkeit.

Die DE 41 27 260 gibt auch eine Mehrtarget-Anordnung an, bei der zwei konzentrische Targets und eine als Plasmaschirm bezeichnete Anode verwendet werden. Auch diese Anordnung weist die oben genannten Mängel beim reaktiven Zerstäuben zur Abscheidung isolierender Verbindungsschichten auf.

Die DE 37 38 845 gibt eine Zerstäubungseinrichtung an, die besonders für die reaktive Abscheidung isolierender Schichten geeignet sein soll. Sie ist durch eine zusätzliche Mittelelektrode im Bereich der nicht erodierenden Teile des Targets und durch eine Zwischenelektrode zwischen einer Dunkelraumabschirmung und dem Target gekennzeichnet. Durch diese Maßnahmen wird offensichtlich die Gefahr der Ausbildung von Bogenentladung, die ihren Ursprung in der Aufladung isolierender Schichten auf den nicht erodierenden Targetbereichen haben, reduziert. Der langzeitstabile Betrieb beim reaktiven Zerstäuben ist jedoch auch mit dieser Einrichtung nicht gewährleistet, weil die als Anode wirkende Dunkelraumabschirmung durch Beschichtung unwirksam wird und Teile der Vakuumkammer die Anodenfunktion mit den beschriebenen Nachteilen übernehmen müssen. Die technische Gestaltung zweier Abschirmgehäuse, die sich in geringem Abstand voneinander befinden und dem dichten Plasma ausgesetzt sind, ist zudem problematisch. Nachteilig ist weiterhin, dass das beschichtende Plasma die gesamte Vakuumkammer ausfüllt und mit zunehmender Betriebszeit zu schwer kontrollierbaren Potentialverschiebungen führen kann.

Es sind weiterhin verschiedene Anordnungen mit zwei Targets bekannt, die je mit einer Anschlussklemme einer Bipolar-Stromquelle verbunden sind und mit einer Frequenz im Bereich von 10 . . . 100 kHz im Wechsel als Anode und Kathode gepolt sind. Solche als Dual-Magnetron-System oder Twin Mag bezeichneten Zerstäubungsanordnungen (z. B. DD 2 52 205 und DE 38 02 852) lösen das Problem der Bedeckung der Elektroden mit nichtleitenden Schichten

nachhaltig und sichern damit das langzeitstabile Abscheiden solcher Verbindungsschichten durch Magnetronzerstäuben.

Nachteilig ist, dass derartige Einrichtungen als sogenannte Einbausysteme einschließlich ihrer Magnetsysteme im Vakuum angeordnet sind. Sie weisen keine Einstellmöglichkeiten für den Abstand zwischen den Magnetsystemen und den Targets auf. Die Magnetsysteme sind oft gemeinsam mit den Kühlplatten und Targets zu einer Baugruppe vereinigt und tragen das gleiche Potential. Zum Teil sind sie von einer Dunkelraumabschirmung umgeben, die höchstens bis zur Targetebene reicht.

Es sind auch Zerstäubungseinrichtungen bekannt, bei denen die Magnetsysteme auf floatendem Potential liegen. Im Bereich zwischen den Targets bzw. den aus Magnetsystem, Kühlplatte und Target bestehenden Baugruppen ist eine geerdete oder auf floatendem Potential liegende Trennwand aus weichmagnetischem Material angeordnet, die in der Ebene der Targets endet (vgl. DE 29 61 7057, DE 29 61 0720 U1, DE 197 56 162). Zum Einlass des reaktiven Gases dienen separate Gaseinlasssysteme mit meist großem Querschnitt und damit großer Regelzeitkonstante, die keine schnelle Reaktion auf Regelabweichungen erlaubt. Die in den Erosionszonen beobachtete ungleichmäßige Abtragung des Targetmaterial hat ihre Ursache z. T. in der Überlagerung der Magnetfelder der beiden Magnetsysteme.

Dazu wird z. B. in der DE 29 61 7057 vorgeschlagen, durch das Einfügen eines magnetischen Kurzschlusses eine Homogenisierung vorzunehmen und damit für jeden Abschnitt der Magnetron-Zerstäubungseinrichtung den partiellen Entladungswiderstand anzupassen. Eine praktische Vorgehensweise dafür wird jedoch nicht angegeben. Bei allen bekannten Zerstäubungsanordnungen sind z. T. sehr hohe Aufwendungen erforderlich, um eine hohe Konstanz der Schichtgleichmäßigkeit auf den Substraten zu erreichen. So ist es bekannt, mehrere getrennte Regelkreise für die Gaszufuhr mit geeigneten optischen Sensoren zu verwenden. Es gelingt außerdem nicht, die Gefahr der Entstehung von Bogenentladungen, die ihren Ausgang vor allem im Spaltbereich zwischen den Targets nehmen, so weit herabzusetzen, dass ein störungsfreier Betrieb über z. B. 100 Stunden erreicht wird.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Einrichtung zum Magnetronzerstäuben mit mindestens zwei Targets anzugeben, mit der der technische Aufwand zur Erreichung einer hohen Gleichmäßigkeit der auf Substraten abgeschiedenen Schichten reduziert wird, das Regelverhalten der Einrichtung verbessert und die Gefahr der Ausbildung von Bogenentladungen beim reaktiven Abscheiden isolierender Schichten minimiert werden. Dabei soll die Konstanz der Parameter des Magnetron-Zerstäubungsprozesses auch im Langzeitbetrieb aufrechterhalten werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Einrichtung zum Magnetronzerstäuben mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungswesentlich ist die gemeinsame, parallele und eigenständige Anordnung von mindestens zwei Magnetron-targets auf einem Vakuumflansch, der in die Kammerwand einer Vakuumanlage eingebaut werden kann. Dabei sind die Targets auf Kühlplatten innerhalb der Vakuumkammer positioniert und die zugehörigen Magnetsysteme sowie andere Bauelemente im Wesentlichen außerhalb der Vakuumkammer angeordnet.

Die Targets mit den Kühlplatten sind einzeln von Plasmaelektroden umschlossen. Diese Plasmaelektroden umgeben die Targets peripher zur Zerstäubungsoberfläche in einem geringen, als Dunkelraumabgrenzung wirkenden Abstand von etwa 2 bis 4 Millimetern. In einer Ausgestaltung der Er-

findung überragen die Plasmaelektroden die Ebene der Zerstäubungsfläche der Targets in Richtung zu den Substraten mindestens teilweise um wenigstens ein Viertel des Abstandes zwischen den Targets und den Substraten.

Die Plasmaelektroden sind gegenüber den Targets und Kühlplatten elektrisch isoliert, jedoch vorzugsweise mit einem elektrischen Anschluss versehen, mittels dessen sie auf ein frei einstellbares elektrisches Potential gelegt werden können. Die zweckmäßige Wahl des Potentials hängt vor allem von der Art des Zerstäubungsmaterials, des Reaktivgases und der eingespeisten Entladungsleistung ab. Wird z. B. Aluminium in einem Argon-Sauerstoff-Gemisch mit einer Leistungsdichte auf dem Target von  $15 \text{ W/cm}^2$  zerstäubt, um Substrate mit Aluminiumoxid-Schichten zu beschichten, so ist ein Potentialunterschied von  $+30 \text{ V}$  gegenüber dem Potential der Vakuumkammer zweckmäßig.

Erfindungsgemäß sind zusätzlich in den Bereichen zwischen den Targets und den Plasmaelektroden oder direkt in den Plasmaelektroden integriert Gasauslassöffnungen, vorzugsweise eine Vielzahl davon, vorhanden, die mit mindestens einer Gaszuführungseinrichtung verbunden sind.

Mit der spezifischen Gaszuführung zu jedem einzelnen Target wird eine sehr gleichmäßige Verteilung des Trägergases der Plasmaentladung und/oder des Reaktivgases gewährleistet.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind an den Plasmaelektroden Blenden angeordnet, die die Spalte zwischen den Targets und den Plasmaelektroden in einem geringen, als Dunkelraumbegrenzung wirkenden Abstand von der Zerstäubungsfläche der Targets überdecken. Damit wird ein Eindringen von Plasma in die Spalte im Bereich hoher elektrischer und magnetischer Feldstärke zur Auslösung von Bogenentladungen führen kann, vermieden.

Es ist weiterhin vorteilhaft, eine Schirmelektrode nach Anspruch 4 vorzusehen. Diese Schirmelektrode umschließt alle Targets und die umgebenden Plasmaelektroden. Die Schirmelektrode ist auf dem Vakuumflansch isoliert angeordnet und weist eine Öffnung in der Richtung von den Targets zum Substrat auf, durch die das zerstäubte Material ungehindert von den Targets zu den Substraten gelangen kann. Die Schirmelektrode kann an ein wahlfreies Potential gelegt werden. Für die Wahl des Potentials der Schirmelektrode gelten ähnliche Bemessungsgrundsätze wie für die Potentiale der Plasmaelektroden. Im genannten Beispiel hat sich ein Potential der Schirmelektrode von  $+15 \text{ V}$  bewährt. Durch die Schirmelektrode wird das Plasma daran gehindert, sich ungehindert in den übrigen Bereich der Vakuumkammer auszubreiten und diese sowie weitere Einbauteile zu beschichten. Insbesondere kann auch der Reaktivgashaushalt der Magnetron-Entladung vorteilhaft kontrolliert werden. In Kombination mit der erfindungsgemäßen Gestaltung der Gasauslassöffnungen im Bereich zwischen den Plasmaelektroden und den Targets ergibt sich eine sehr geringe Zeitkonstante für die Gasregelung.

In überraschender Weise wird mit der erfindungsgemäßen Einrichtung eine gleichmäßige Erosion der Targets auch dann erreicht, wenn die von den besagten Plasmaelektroden umgebenen Targets direkt nebeneinander angeordnet sind und eine Überlagerung ihrer Magnetfelder stattfindet.

Die Erfindung kann mit weiteren Bauelementen in vorteilhafter Weise kombiniert werden. So kann mindestens ein Lichtsensor an einem oder jedem Target vorgesehen werden, wobei der eigentliche Lichtsensor außerhalb der Vakuumkammer, z. B. auch direkt am Vakuumflansch, montiert wird und eine Leiteinrichtung in den Vakuumraum eingebracht wird, welche den Vakuumflansch durchdringt und deren Leiteintrittsöffnung sich im Bereich oberhalb der dem Substrat zugewandten Targetseite befindet. Die Licht-

leiteinrichtung kann durch faseroptische Bauelemente gebildet werden. Alternativ eignet sich auch ein Rohr, dessen Innenfläche lichtreflektierend ausgebildet ist, oder ein Spiegel zur Strahlumlenkung. Mit dem Lichtsensor und gegebenenfalls mit einer elektronischen Signalaufbereitungseinheit, die zweckmäßigerweise ebenfalls auf dem Vakuumflansch außerhalb des Vakuums angeordnet ist, lässt sich der reaktive Zerstäubungsprozess optimal regeln.

Mechanisch verstellbare Hubsysteme für die Lageänderung der Magnetsysteme für jedes Target als weitere Ausgestaltung der Erfindung, erlaubt die bestmögliche Anpassung der Magnetfeldstärke auf den Zerstäubungsflächen der Targets im Bereich des magnetischen Tunnels in Abhängigkeit von der Art des Targetmaterials, den Prozessbedingungen und dem Erosionszustand des Targets.

Eine weitere Verbesserung der erfindungsgemäßen Einrichtung wird erreicht, wenn außerhalb der Vakuumkammer, z. B. direkt am Vakuumflansch, ein Drucksensor angeordnet ist, der mit den Räumen zwischen den Targets und den Substraten bzw. dem von der Schirmelektrode umschlossenen Raum in Verbindung steht. Dadurch ist eine Druckmessung in unmittelbarer Umgebung der Plasmaentladung möglich. Die Druckmessung wird gegenüber der üblicherweise in der Vakuumkammer durchgeführten Druckmessung wesentlich verbessert, was sich sehr vorteilhaft für die Stabilität der Magnetronentladung auswirkt.

Bei der Anwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung kann im einfachsten Fall ein geeignetes Potential der Plasmaelektroden und/oder der Schirmelektrode durch Isolation dieser Elektroden gegen den Vakuumflansch erreicht werden, so dass sich ein floatendes Potential einstellt.

Vorzugsweise sind die Elektroden jedoch mit einstellbaren Spannungsquellen verbunden, oder ein geeignet bemessenes Netzwerk aus Widerständen, Kondensatoren und Induktivitäten dient im Sinne von Anspruch 8 zur Einstellung der optimalen Potentiale.

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden.

Die zugehörige Zeichnung zeigt eine erfindungsgemäße Einrichtung mit zwei parallel angeordneten Targets **1** und **2**, die auf Kühlplatten **3** bzw. **4** aus Kupfer mittels je einer Bondschicht wärmeleitend und elektrisch leitend gehalten sind. Die Kühlplatten **3** und **4** sind vakuumseitig elektrisch isoliert auf einem Vakuumflansch **12** angeordnet. Im Beispiel bestehen die Targets **1** und **2** aus Aluminium. Die Kühlplatten **3** und **4** und die Targets **1** und **2** sind gleich groß und rechteckig mitbeispielhaft einer Längsausdehnung von  $750 \text{ mm}$  und einer Ausdehnung in Querrichtung von  $130 \text{ mm}$ .

Außerhalb der Vakuumkammer befinden sich, zugeordnet zu jedem der Targets **1** und **2**, Magnetsysteme **5** bzw. **6**, die oberhalb der Zerstäubungsfläche der Targets **1** und **2** je ein tunnelförmiges Magnetfeld **38** erzeugen. In der Zeichnung ist das Magnetfeld **38** schematisch mit Pfeilen angedeutet und erstreckt sich über die gesamte Länge der langgestreckten rechteckigen Targets **1** und **2**.

In den Vakuumflansch **12** sind Polschuhe **36** eingelassen, wodurch eine höhere und gleichmäßige Feldstärke der tunnelförmigen Magnetfelder **38** oberhalb der Zerstäubungsflächen der Targets **1** und **2** erreicht wird. Es ist weiterhin je ein mechanisch verstellbares Hubssystem **14** vorgesehen, mit dem der Abstand zwischen den Magnetsystemen **5** und **6** und den Polschuhen **36** in Abhängigkeit von der Targeterosion, dem Targetmaterial oder den technologischen Erfordernissen des Beschichtungsprozesses eingestellt werden kann. Die Hubsysteme **14** sind an einer Montageplatte **25** montiert, die mittels Stützen **26** am Vakuumflansch **12** befestigt sind. Mit den Magnetsystemen **5** und **6** ist jeweils

ein Positionssensor 19 zur Messung der Lage der Magnetsysteme 5 bzw. 6 verbunden.

Umgeben sind die beiden Targets 1 und 2 jeweils von einer Plasmaelektrode 9 bzw. 10, die isoliert auf dem Vakuumflansch 12 angeordnet sind und elektrisch mit einem elektrischen Netzwerk 30 verbunden werden können. Die Plasmaelektroden 9 und 10 umschließen die Targets 1 und 2 sowie die Kühlplatten 3 und 4 vollständig, wobei Spalte 34 und 35 mit einer Breite von ca. 3 mm eingestellt sind. Die Plasmaelektroden 9 und 10 ragen in Richtung der Substrate 27 über die Zerstäubungsoberfläche der Targets 1 und 2 hinaus und sind zu den Substraten 27 hin offen. Der Überstand über die Zerstäubungsoberfläche der Targets 1 und 2 beträgt auf der der Schirmelektrode 11 zugewandten Seite 80% des Abstandes zwischen den Targets 1 und 2 und den Substraten 27. In dem Bereich zwischen beiden Targets 1 und 2 beträgt der Überstand 40% des besagten Abstandes.

Eine elektrisch isoliert angeordnete Schirmelektrode 11 umgibt die beiden Targets 1 und 2 sowie die zugehörigen Plasmaelektroden 9 und 10 und schirmt den Raum zwischen den Targets 1 und 2 und den Substraten 27 mit Ausnahme einer Dampfaustrittsöffnung 31 zum Austritt des zerstäubten Materials ab.

Im Beispiel ist die Schirmelektrode 11 durch eine Abwinkelung derart gestaltet, dass sich zwischen der Schirmelektrode 11 und den Plasmaelektroden 9 bzw. 10 ein Spalt 33 ausbildet, der im Bereich von ca. 5 mm bis 20 mm liegt.

Der Einlass des Plasma-Trärgases Argon erfolgt durch Bohrungen 32 im Vakuumflansch 12 in den Spalt, den der Vakuumflansch 12 mit den Kühlplatten 3 bzw. 4 bildet.

Die erfindungsgemäßen Gasauslassöffnungen 13 sind spezifisch für das Prozessgas vorgesehen und befinden sich im Beispiel in den unteren Abschnitten der Plasmaelektroden 9 und 10. Diese Gasauslassöffnungen 13 sind über Regelventile 22 mit Gaszuführungseinrichtungen 21 verbunden. In Längsrichtung der Magnetronzerstäubungseinrichtung sind eine Vielzahl von Gasauslassöffnungen 13 angeordnet. Die Gasauslassöffnungen 13 sind so angeordnet, dass der Gaseinlass in die Spalte 34 bzw. 35 erfolgt. Dadurch wird ein gleichmäßiger Einlass des Prozessgases Sauerstoff direkt in den Plasmaraum gewährleistet.

Diese Ausführung des Gaseinlasses ermöglicht sehr kurze Reaktionszeiten der Regelkreise für den Gaseinlass und damit eine sehr gute Prozessstabilität. Es ist auch möglich, die Gasauslassöffnungen 13 so anzuordnen, dass das Gas allein oder zusätzlich in den Raum zwischen den Plasmaelektroden 9 bzw. 10 und der Schirmelektrode 11 eingelassen wird.

Weiterhin sind an den Plasmaelektroden 9 und 10 Plasmaablenken 7 und 8 angeordnet, die die Spalte 34 bzw. 35 zwischen den Targets 1 und 2 und den Plasmaelektroden 9 und 10 überdecken. Dadurch können Bogenentladungen in diesem Bereich hoher elektrischer und magnetischer Feldstärke vermieden werden. Es ist auch vorteilhaft, wenn die Plasmaablenken 7 und 8 soweit in den Bereich über den Targets 1 und 2 reichen, dass die nicht erodierenden Zonen der Zerstäubungsoberfläche teilweise oder vollständig überdeckt werden bzw. bis ca. 1 mm an die Erosionszone heranreichen.

Die Kühlplatten 3 und 4 mit den Targets 1 und 2 sind über Stromdurchführungen im Vakuumflansch 12 an eine Stromversorgungseinrichtung 37 angeschlossen. Die Stromversorgungseinrichtung 37 liefert bipolare Pulse mit einer Polwechselfrequenz von 50 kHz, wodurch die Targets 1 und 2 mit dieser Frequenz alternierend als Kathode und Anode der Magnetronentladung geschaltet sind.

Die elektrisch isoliert angeordneten Plasmaelektroden 9 und 10 und die Schirmelektrode 11 sind an das elektrische Netzwerk 30 mit Widerständen, Kondensatoren, Induktivi-

täten und Halbleiterbauelementen angeschlossen, die eine spezifische Potentialeinstellung ermöglichen. Als Bezugspotential dient im Ausführungsbeispiel der Vakuumflansch 12. Die Potentialeinstellung erfolgt in Abhängigkeit von der Art der Targets 1 und 2 und der eingespeisten Leistung.

Die erfindungsgemäße Einrichtung erlaubt eine erhebliche Reduzierung von Bogenentladungen und eine deutliche Verbesserung der Langzeitstabilität, beispielsweise bei der Abscheidung von Aluminiumoxidschichten. Im Beispiel legt das Netzwerk 30 beim Abscheiden von Aluminiumoxid mit einer Leistung von 15 kW die Potentiale wie folgt fest: Plasmaelektroden 9 und 10: + 30 V, Schirmelektrode 11: + 10 V.

Außerhalb der Vakuumkammer ist für jedes Target 1 und 2 ein Lichtsensor 18 angeordnet, dessen Signal von einer Wandler-Elektronik 24 aufbereitet und als Digitalsignal weitergeleitet wird. Ein Fenster aus Quarzglas 17 dichtet die Öffnungen im Vakuumflansch 12 ab. Je eine Lichtleitrichtung 16 in Form eines innen polierten Metallrohres mit einem freien Innendurchmesser von ca. 6 mm leitet das von der Plasmaentladung emittierte Licht, von einer Lichteintrittsöffnung 28, in Form einer Bohrung in den Plasmaelektroden 9 bzw. 10 mit einem Durchmesser von ca. 4 mm, bis zum Lichtsensor 18. Dabei ist sichergestellt, dass die Lichtleitrichtung 16 die Plasmaelektroden 9 bzw. 10 nicht mit dem Vakuumflansch elektrisch kurzschließt. Als alternative Ausführung können auch Lichtleitfasern anstelle des Metallrohres verwendet werden. Lichtleitfasern sind auch vorteilhaft außerhalb des Vakuums zur Lichtleitung vom Quarzfenster 17 zum Lichtsensor 18 einsetzbar. Die beispielhafte Einrichtung ist weiterhin mit einem Drucksensor 20 ausgerüstet, der mit einer Bohrung im Vakuumflansch 12 verbunden ist und vorzugsweise gasartunabhängig mittels piezoelektrischer Wandlung den Druck im eigentlichen Plasmaraum innerhalb der Schirmelektrode 11 misst. Vorteilhaft ist auch das Anbringen eines Druckleitrohres 29 mit einem inneren freien Durchmesser von ca. 15 mm in Fortsetzung der Bohrung im Vakuumflansch 12, dessen andere Öffnung bis dicht an eine Bohrung mit einem Durchmesser von ca. 15 mm in der Plasmaelektrode 9 bzw. 10 herangeführt ist. Dadurch wird unmittelbar der Druck im Entladungsraum gemessen. Durch eine elektrisch isolierende Montage des Druckleitrohres 29 ist sichergestellt, dass die Plasmaelektroden 9 und 10 nicht mit dem Vakuumflansch 12 elektrisch kurzgeschlossen werden. Diese Druckmessung bietet gegenüber der üblichen Druckmessung in der Vakuumkammer den Vorteil größerer Genauigkeit und geringerer Zeitverzögerung des Messsignals durch die direkte Kopplung an den von der Schirmelektrode 11 umschlossenen Beschichtungsraum. Das elektrische Signal des Drucksensors 20 wird mittels Wandler-Elektronik 23 in ein Digitalsignal gewandelt und über eine optische Datenübertragungseinrichtung an eine Steuer- und Regelektronik weitergeleitet.

Die auf dem Vakuumflansch 12 integrierten Sensoren und elektronischen Signalverarbeitungseinheiten sind ein vorteilhafter Weg, um einen geringen Störpegel der Messsignale durch elektromagnetische Strahlung, die bei der gepulsten Energieeinspeisung in die Magnetronentladung auftritt, zu erreichen.

Die gesamte Einrichtung ist auf einem einzigen Vakuumflansch angeordnet. Es kann jedoch aus konstruktiven Gründen zweckmäßig sein, zwei getrennte Vakuumflansche bzw. einen geteilten Vakuumflansch zu verwenden.

#### Liste der verwendeten Bezugszeichen

- 1 Target
- 2 Target

3 Kühlplatte  
 4 Kühlplatte  
 5 Magnetsystem  
 6 Magnetsystem  
 7 Plasmablende  
 8 Plasmablende  
 9 Plasmaelektrode  
 10 Plasmaelektrode  
 11 Schirmelektrode  
 12 Vakuumflansch  
 13 Gasauslassöffnung  
 14 Hubsystem  
 15  
 16 Lichtleiteinrichtung  
 17 Fenster  
 18 Lichtsensor  
 19 Positionssensor  
 20 Drucksensor  
 21 Gaszuführungseinrichtung  
 22 Regelventil  
 23 Wandler-Elektronik  
 24 Wandler-Elektronik  
 25 Montageplatte  
 26 Stützen  
 27 Substrat  
 28 Lichteintrittsöffnung  
 29 Druckleitrohr  
 30 elektrisches Netzwerk  
 31 Dampfaustrittsöffnung  
 32 Bohrung  
 33 Spalt  
 34 Spalt  
 35 Spalt  
 36 Polschuhe  
 37 Stromversorgungseinrichtung  
 38 Magnetfeld  
 39  
 40  
 41

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zum Magnetronzerstäuben, die im Wesentlichen auf einem Vakuumflansch angeordnet ist, der zur Beschichtung von mindestens einem Substrat in der Kammerwand einer Vakuumkammer befestigt werden kann, bestehend innerhalb der Vakuumkammer aus mindestens zwei wärmeleitend mit je einer Kühlplatte verbundenen Targets und außerhalb der Vakuumkammer zugehörig zu jedem Target bzw. jeder Kühlplatte je ein Magnetsystem zur Erzeugung eines tunnelförmigen, das jeweilige Target durchdringende Magnetron-Magnetfeld, wobei vorzugsweise zugehörig zum Magnetsystem im Vakuumflansch im Bereich der Pole des Magnetsystems ferromagnetische Polschuhe vakuumdicht eingelassen sind, und einer Stromversorgungseinrichtung, deren Anschlussklemmen mit mindestens je einem Target über Stromdurchführungen im Vakuumflansch elektrisch leitend verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Target (1, 2) peripher zu seiner Zerstäubungsoberfläche von einer zum Substrat (27) hin offenen Plasmaelektrode (9, 10) umgeben ist, die auf ein wahlfreies Potential gelegt werden kann und dass im Bereich zwischen dem Target (1, 2) und der Plasmaelektrode (9, 10) oder direkt an der Plasmaelektrode (9, 10) vorzugsweise eine Vielzahl von Gasauslassöffnungen (13) vorhanden sind, die mit mindestens einer Gaszuführungseinrichtung (21) verbunden sind.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Plasmaelektrode (9, 10) die Ebene der Zerstäubungsoberfläche der Targets (1, 2) in Richtung zum Substrat (27) um einen Betrag überragt, der mindestens ein Viertel des Abstandes zwischen den Targets (1, 2) und dem Substrat (27) entspricht.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass an der Plasmaelektrode (9, 10) Plasmablenden (7, 8) vorhanden sind, die die Spalte (34, 35) zwischen der Plasmaelektrode (9, 10) und dem Target (1, 2) zumindestens teilweise überdecken.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Vakuumflansch (12) eine zum Substrat (27) hin offene Schirmelektrode (11) angeordnet ist, die alle Targets (1, 2) und die sie umgebenden Plasmaelektroden (9, 10) umschließt und an ein wahlfreies Potential gelegt werden kann.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass außerhalb der Vakuumkammer mindestens ein Lichtsensor (18) vorhanden ist, der mit einer Lichtleiteinrichtung (16) verbunden ist, welche den Vakuumflansch (12) durchdringt und deren Lichteintrittsöffnung (28) sich im Wesentlichen rechtwinklig zu einer Linie zwischen der Oberfläche des Targets (1, 2) und dem Substrat (27) befindet.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass außerhalb der Vakuumkammer am Vakuumflansch (12) jedem der Targets (1, 2) ein mechanisch verstellbares Hubsystem (14) zur Einstellung eines vorgebbaren Abstandes zwischen dem Magnetsystem (5, 6) und den Polschuhen (36) vorhanden ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass außerhalb der Vakuumkammer mindestens ein Drucksensor (20) vorhanden ist, der über eine Druckleitung (29), die den Vakuumflansch (12) durchdringt, mit dem Raum innerhalb der Schirmelektrode (11) verbunden ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass außerhalb der Vakuumkammer ein elektrisches Netzwerk (30) vorhanden ist, welches aus Widerständen, Kondensatoren, Induktivitäten und/oder aktiven Bauelementen wie Spannungsquellen besteht, und über elektrische Leitungen, die durch elektrische Isolatoren im Vakuumflansch (12) in die Vakuumkammer eingeführt sind, mit den Plasmaelektroden (9, 10) und der Schirmelektrode (11) verbunden sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

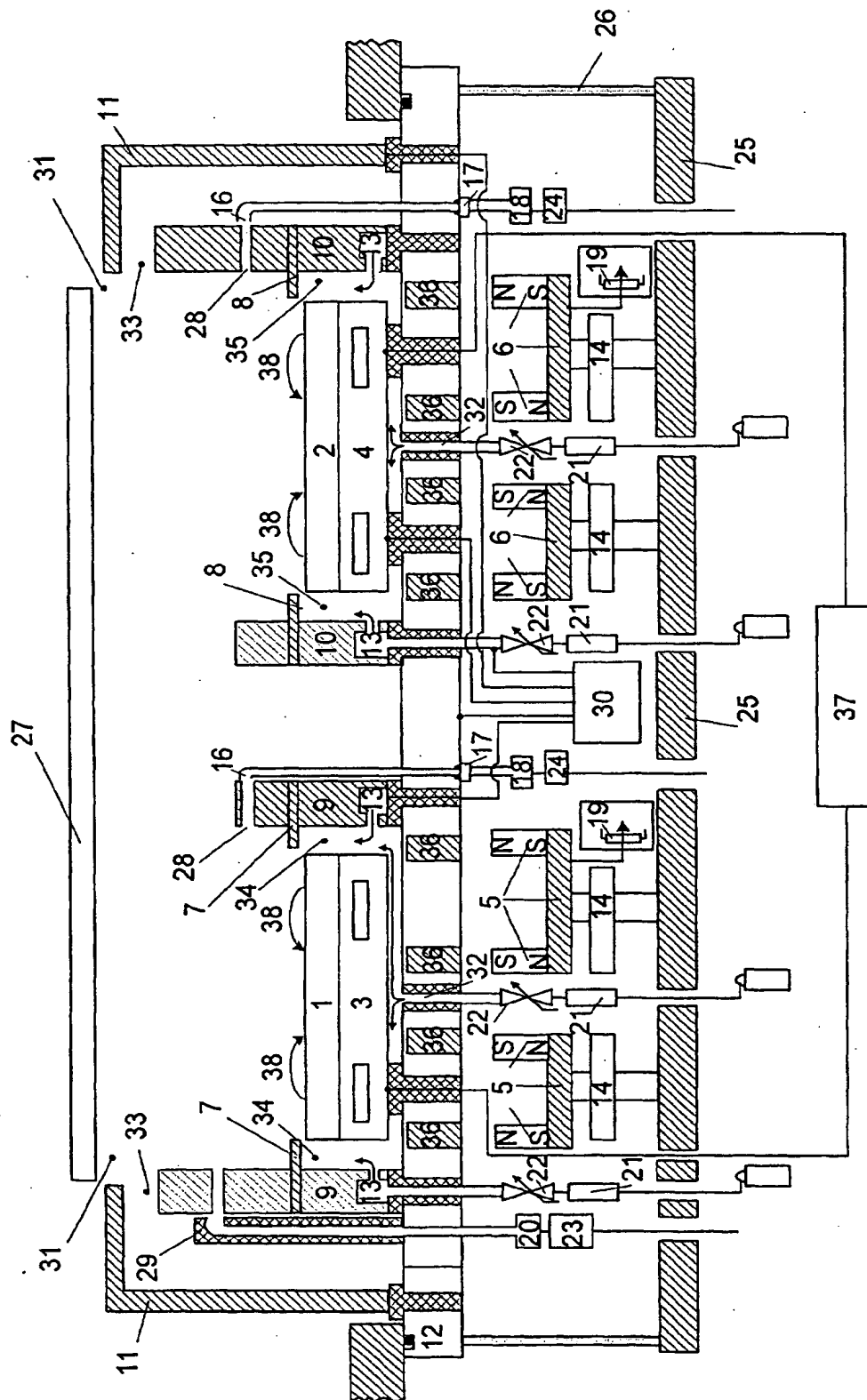


Fig. 1